

# Paradigmas de ~~lenguajes~~ de programación

Departamento de Computación, FCEyN, UBA

2do Cuatrimestre 2023

# Docentes

- ▶ Malena Ivnisky (Ay 1)
- ▶ Manuel Panichelli (Ay 1)
- ▶ Daniela Marottoli (JTP)
- ▶ Gabriela Steren (JTP)
- ▶ Pablo Barenbaum (Prof)
- ▶ Hernán Melgratti (Prof)

# Modalidad

## Herramientas de comunicación

- ▶ Discord (Link en la página principal de la materia)
- ▶ Anuncios en el campus
- ▶ **listas de email (docentes y alumnos)**

## Horarios

- ▶ Martes de 17.30 a 21.00
- ▶ Jueves de 17 a 19.30
- ▶ Martes de 17.00 a 17.30 (o 18.00) Consultas

# Recursos

## Bibliografía

- ▶ Textos: no hay un texto principal, se utilizan varios, referencias en página web
- ▶ Publicaciones relacionadas
- ▶ Diapositivas de teóricas y prácticas

## Página web

- ▶ Información al día del curso, consultar periódicamente y leer al menos una vez todas las secciones

## Mailing list

- ▶ ¡Hacer todas las preguntas y consultas que quieran!

# Paradigma

*Marco filosófico y teórico de una escuela científica o disciplina en la que se formulan teorías, leyes y generalizaciones y se llevan a cabo experimentos que les dan sustento*

Fuente: Merriam-Webster<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>*A philosophical and theoretical framework of a scientific school or discipline within which theories, laws, and generalizations and the experiments performed in support of them are formulated*

# Lenguajes de Programación

- ▶ lenguaje usado para comunicar instrucciones a una computadora
- ▶ instrucciones describen **cómputos** que llevará a cabo la computadora
- ▶ **computacionalmente completo** si puede expresar todas las funciones computables

# Paradigmas de Lenguaje de Programación

*Marco filosófico y teórico en el que se formulan soluciones a problemas de naturaleza algorítmica*

- ▶ Lo entendemos como
  - ▶ un **estilo** de programación
  - ▶ en el que se escriben soluciones a problemas en términos de algoritmos
- ▶ Ingrediente básico es el **modelo de cómputo**
  - ▶ la visión que tiene el usuario de cómo se ejecutan sus programas

# Objetivos del curso

Conocer los *pilares conceptuales* sobre los cuales se erigen los lenguajes de programación de modo de poder

- ▶ Comparar lenguajes
- ▶ Seleccionar el más adecuado para una determinada tarea
- ▶ Usar las herramientas adecuadamente
- ▶ Prepararse para lenguajes/paradigmas futuros



# Nos centraremos en

- ▶ los paradigmas:
  - ▶ *imperativo*
  - ▶ funcional
  - ▶ orientado a objetos
  - ▶ lógico
- ▶ Hay otros: concurrente, eventos, continuaciones, probabilístico, quantum.
- ▶ ¡La distinción a veces no es clara!

# Enfoque del curso

## 1. Conceptos

- ▶ Introducción informal de conceptos a través de ejemplos.
- ▶ Ilustración en lenguajes concretos (Haskell, Prolog y JavaScript)

## 2. Fundamentos

- ▶ Introducir las bases rigurosas (lógicas y matemáticas) sobre las que se sustentan cada uno de los paradigmas o parte de los mismos

# Programación funcional

## Programa y modelo de cómputo

- ▶ Programar = Definir funciones.
- ▶ Ejecutar = Evaluar expresiones.

## Programa

- ▶ Conjunto de ecuaciones doble  $x = x + x$

# Programación funcional

## Expresiones

- ▶ El significado de una expresión es su valor (si está definido).
- ▶ El valor de una expresión depende sólo del valor de sus sub-expresiones.
- ▶ Evaluar/Reducir una expresión es obtener su valor.  
`doble 2`  $\rightsquigarrow$  4
- ▶ No toda expresión denota a un valor: `doble true`

# Tipos

## Tipos

- ▶ El universo de valores está particionado en colecciones, denominadas **tipos**
- ▶ Un tipo tiene operaciones asociadas

## Tipos básicos (primitivos)

`Int`

`Char`

`Float`

`Bool`

## Tipos Compuestos

`[Int]`

`(Int, Bool)`

`Int -> Int`

# Expresiones y tipo

## Tipado Fuerte

- ▶ Toda expresión bien-formada tiene un tipo
- ▶ El tipo depende del tipo de sus subexpresiones

## Tipos elementales

```
1           :: Int
'a'         :: Char
1.2         :: Float
True        :: Bool
[1,2,3]     :: [Int]
(1, True)   :: (Int, Bool)
succ        :: Int -> Int
```

Si no puede asignarse un tipo a una expresión, no se la considera bien formada.

# Funciones

## Definición

```
doble :: Int -> Int
doble x = x + x
```

## Guardas

```
signo :: Int -> Bool
signo n | n >= 0    = True
        | otherwise = False
```

# Funciones

## Definiciones locales

```
f (x,y) = g x + y  
      where g z = z + 2
```

## Expresiones lambda

```
\x -> x + 1
```



# Polimorfismo paramétrico

¿Cuál es el tipo?

```
id x = x
```

```
id :: a -> a
```

Donde  $a$  es una variable de tipo.

# Alto orden

## Las funciones son ciudadanas de primera clase

```
id :: a -> a
```

```
id id
```

- ▶ pueden ser pasadas cómo parámetros
- ▶ pueden ser el resultado de evaluar una expresión

# Curricación

## Definición de suma

```
suma :: ??
```

```
suma x y = x + y
```

```
suma' :: ??
```

```
suma' (x,y) = x + y
```

## Tipos

```
suma :: Int -> (Int -> Int)
```

```
suma' :: (Int, Int) -> Int
```

# Curricación

## Curricación

- ▶ Mecanismo que permite reemplazar argumentos estructurados por una secuencia de argumentos “simples”.
- ▶ Ventajas:
  - ▶ Evaluación parcial: `succ = suma 1`
  - ▶ Evita escribir paréntesis (asumiendo que la aplicación asocia a izquierda): `suma 1 2 = ((suma 1) 2)`

## curry y uncurry

### Curry

`curry` :: ((a,b) -> c) -> (a -> (b -> c))

`curry` f a b = f (a,b)

### Uncurry

`uncurry` :: (a -> b -> c) -> ((a, b) -> c)

`uncurry` f (a,b) = f a b

# Tipos Algebraicos

- ▶ Se introducen con la cláusula `data`

## Día

```
data Dia = Lunes | Martes | Miercoles | Jueves |  
Viernes | Sabado | Domingo
```

- ▶ donde se define
  - ▶ el nombre del tipo
  - ▶ los nombres de los constructores
  - ▶ los tipos de los argumentos de los constructores

## Figura

```
data Figura = Circulo Float | Rectangulo Float Float
```

- ▶ `Lunes :: Dia`
- ▶ `Circulo 1.0 :: Figura`
- ▶ `Circulo :: Float -> Figura`

# Pattern matching

- ▶ Un mecanismo para
  - ▶ comparar un valor con un patrón
  - ▶ si la comparación tiene éxito se puede deconstruir un valor en sus partes
- ▶ Una función se puede definir por casos de acuerdo con la forma de los parámetros

## area

```
area :: Figura -> Float
area (Circulo radio) = pi * radio^2
area (Rectangulo l1 l2) = l1 * l2
```

- ▶ El patrón aparece a la izquierda de la ecuación
  - ▶ constructor
  - ▶ variables

## El patrón debe ser lineal

- ▶ Lineal: una variable debe aparecer una única vez a la izquierda

### esCuadrado

```
esCuadrado :: Figura -> Bool
esCuadrado (Rectangulo x y) | (x==y) = True
esCuadrado _ = False
```

- ▶ `_` : coincide con cualquier forma
- ▶ los casos se evalúan en el orden en el que están escritos



# Funciones parciales

- ▶ Se pueden definir funciones parciales

**radio**

```
radio (Circulo radio) = radio
```

- ▶ `radio :: Figura -> Float`
- ▶ `radio (Rectangulo 1 2) :: Float`
- ▶ Evaluar `radio (Rectangulo 1 2)` alcanza la excepción `Non-exhaustive patterns`

# Tipos Paramétricos

- Se pueden definir constructores de tipos que toman tipos como parámetros y producen nuevos tipos.

## Maybe

```
data Maybe a = Nothing | Just a
```

```
Just True :: Maybe Bool
```

```
Just (Circulo 10) :: Maybe Figura
```

```
Nothing :: Maybe a
```

# Tipos Recursivos

- ▶ Al menos uno de los argumentos de los constructores es del tipo que se está definiendo.

## Naturales

```
data Natural = Zero | Succ Natural
```

# Listas

## Listas

Tipo algebraico paramétrico y recursivo con dos constructores:

- ▶ `[] :: [a]`
- ▶ `(:) :: a -> [a] -> [a]`

## Pattern matching

```
vacía :: [a] -> Bool
vacía [] = True
vacía _  = False
```

# Recursión

## Longitud

```
long :: [a] -> Int
long []      = 0
long (x:xs)  = 1 + long xs
```

# No terminación y orden de evaluación

## No terminación

```
inf1 :: [Int]
inf1 = 1 : inf1
```

## Evaluación no estricta

```
const :: a -> b -> a
const x y = x

const 42 inf1  $\rightsquigarrow$  42
```

# Evaluación Lazy

Modelo de cómputo: **Reducción**

- ▶ Se reemplaza un *redex* por otra utilizando las ecuaciones orientadas. Un redex (reducible expression) es una sub-expresión que no esté en forma normal.
- ▶ El redex debe ser una **instancia** del lado izquierdo de alguna ecuación y será reemplazado por el lado derecho con las variables correspondientes ligadas.
- ▶ El resto de la expresión no cambia.

Para seleccionar el redex: **Orden Normal**, o también llamado **Lazy**

- ▶ Se selecciona el redex más externo para el que se pueda conocer que ecuación del programa utilizar.
- ▶ En general: Primero las funciones más externas y luego los argumentos (sólo si se necesitan).

# Ejercicios

## ► Definir

- `dobLeL :: [Float] -> [Float]` tal que `dobLeL xs` es la lista que contiene el doble de cada elemento en `xs`

**dobLeL**

```
dobLeL [] = []  
dobLeL (x:xs) = (dobLe x) : (dobLeL xs)
```

- `esParL :: [Int] -> [Bool]` tal que la lista `esParL xs` indica si el correspondiente elemento en `xs` es par o no

**esParL**

```
esParL [] = []  
esParL (x:xs) = (even x) : (esParL xs)
```

- `longL :: [[a]] -> [Int]` tal que `longL xs` es la lista que contiene las longitudes de las listas en `xs`

**dobLeL**

```
longL [] = []  
longL (x:xs) = (length x) : (longL xs)
```



# Map

## Map

```
map :: (a -> b) -> [a] -> [b]
map f [] = []
map f (x:xs) = (f x):(map f xs)
```

# Ejercicios

## ► Definir

- `negativos :: [Float] -> [Float]` tal que `negativos xs` contiene los elementos negativos de `xs`

### **dobLeL**

```
negativos [] = []  
negativos (x:xs) | x < 0 = x : (negativos xs)  
negativos (x:xs) = negativos xs
```

- `noVacias :: [[a]] -> [[a]]` tal que la lista `noVacias xs` contiene las listas no vacías de `xs`

### **noVacias**

```
noVacias [] = []  
noVacias (x:xs) | length x > 0 = x : (noVacias xs)  
noVacias (x:xs) = noVacias xs
```

# Filter

## Filter

```
filter :: (a -> Bool) -> [a] -> [a]
filter _ [] = []
filter p (x:xs) = if (p x) then x:(filter p xs)
                  else (filter p xs)
```

# Clases de tipos (Type classes)

## ¿Cuál es el tipo de `maximo`?

```
maximo x y | x > y = x
```

```
maximo _ y = y
```

Podría ser cualquier tipo que provea la operación `>`

- ▶ Una clase de tipo es como una interface, define un conjunto de operaciones
  - ▶ `Eq`: `(==)`, `(/=)`
  - ▶ `Ord`: `(<)`, `(<=)`, `(>=)`, `(>)`, `max`, `min`, `compare`

## ¿Cuál es el tipo de `maximo`?

```
maximo :: Ord a => a -> a -> a
```

# Instancia de una clases de tipos

## Deriving

```
data Figura = Circulo Float | Rectangulo Float Float
deriving Eq
```

## Definir una instancia

```
instance Ord Figura where
    (<=) = \x -> \ y-> area x <= area y
```